

천수만에서 월동하는 조류군집과 먹이 자원과의 관계

Wintering bird community in Cheonsu Bay and relationship with food resources

유승화¹, 김인규¹, 강태한¹, 유재평², 이시완¹, 이한수¹

¹한국환경생태연구소 · ²국립중앙과학관

I. 서론

천수만은 1992년 간척이 완료되어 현재까지 농경지로 운영되는 지역이다. 논농사를 짓기 시작한 후 천수만은 수많은 월동 수조류가 서식하는 지역으로 변모하였다(조 1994, 이기섭 2000). 이전까지 천수만은 섬금류(shore bird)가 주로 서식하는 지역이었으나, 수금류(waterfowl)이 우점하는 지역으로 변모하였다(조 1994, 이기섭 2000).

최근 천수만은 개인으로의 매각, 기업도시 건설 계획 등으로 인하여 변화에 직면 하였으며, 앞으로도 큰 변화를 가져올 것으로 예상된다. 특히 개인으로의 매각으로 인한 농업형태의 변화는 수조류의 서식양상의 변화를 줄 것으로 사료된다. 또한 향후 기업도시 건설에 의한 농경지의 감소와 공사에 의한 방해요인은 서식지 질에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

본 연구는 천수만 전체 조류의 현황과 월별 변화, 영농방법 요인에 의한 먹이량 감소 등을 파악하고 본 요인이 조류의 서식에 끼치는 영향을 알아보려 하였다.

II. 연구방법

1. 현지조사 시기 및 범위

현지 조사는 2006년 10월부터 2007년 3월까지 월 2회씩 총 12회 서식하는 조류상에 대한 조사를 실시하였다. 조사 대상은 충청남도 태안군과 서산시, 홍성군에 걸쳐 소재하는 간척지인 천수만 간월(A지구)호와 부남호(B지구)이며, 호수와 해안, 농경지를 대상으로 조류상을 조사하였다(그림 1).

2. 조사방법

2.1 조류상 조사

간월호를 1km×1km 가상 격자로 나누어 부남호 83개 격자, 간월호 177개 격자의 총 260개로 분할하여 격자 내에 분포 및 서식하는 조류의 종과 개체수를 파악하였다(그림 Fig. 1). 조류의 종과 개체수는 쌍안경(8×40) 및 Field scope(×20~60) 등을 이용하여 파악하였다. 물새류가 집중되어 있는 지역은 Point-count method, 분산되어 있는 지역은 제방 및 농로를 따라 Line-census method에 의하여 조사하였다. 격자는 CAD도면을 이용하여 격자를 입힌 지도를 사용하고, 휴대용 GPS(GARMIN e-Tracks Legend C)를 이용하여 현재위치를 파악하여 세부 조사지역을 구분하였다. 간월호와 부남호 내에 서식하는 조류군집의 서식지간 이동을 고려하여 중복을 회피하기 위해, 각 지역은 3~4시간 이내에 조사를 마쳤으며, 1일 이내의 시차를 두고 조사를 실시하였다. 조사결과와 집계는 원(1981)과 이 등(2001)에 의거 동정하였으며, 군집의 분석은 우점도, 종다양도(H') 등을 다음 공식에 의하여 산출하였다.

◎ 우점도(Dominance)(MacArthur & MacArthur, 1961)

$$Dom. = (n_i/N) \times 100(\%) \quad (n_i : i \text{ 종의 개체수 합}, N : \text{전체 종의 개체수 합})$$

◎ 종 다양도(Species diversity)(Shannon & Weaver, 1963)

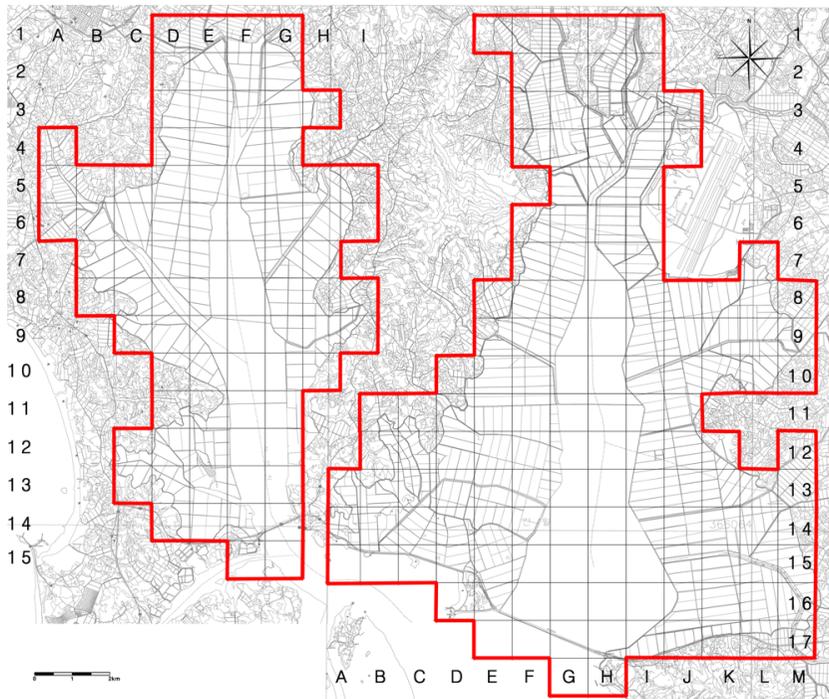


Fig. 1. Survey area of the Cheonsu Bay.

$H' = -\sum(n_i/N)\ln(n_i/N)$ (n_i : i 지역의 한 종의 개체수, N : i 지역의 총 개체수)

2.2 먹이량 및 환경수용능력 파악

먹이량을 조사하던 10월 말이 이미 많은 수의 수조류가 도래하여 먹이를 먹은 지역이 존재하였기 때문에 실질 낙곡량과 낙곡의 무게 측정을 위하여 현장에서 추수를 실시하고 있는 농경지를 방문하여, 낙곡을 채취하고 낙곡 무게를 분석 하였다. 떨어진 낙곡 중 이삭형태로 떨어진 것을 채취하여 비닐팩에 수집하였다. 이후 실험실로 운송하여, 검불과 낙곡의 이물질을 제거, 2일간 햇볕에 자연 건조한 후 전자저울을 이용하여(OHAUS Adventurer) 낙곡 100개씩 10개 샘플을 g단위로 측정하였다.

부남호의 농경지를 대상으로 차량의 통행이 많은 수변부의 주도로를 기준으로 도로인접지역과 도로에서 250m 이상 벗어난 지역, 대형기계를 이용하여 추수된 지역과 소형 기계를 이용하여 추수된 곳의 4가지 요인으로 구분하여 조사하였다. 수면을 기준으로 동서에 4개씩의 대상지를 선정하여 좌표를 기록하고, 선정된 논에서 20개의 방형구(20cm×20cm)를 무작위로 선정하여 알곡수를 산정하였다. 요인별로 20개씩 총 80개 격자를 조사하였으며, 도래초기, 중기, 말기의 3단계로 구분하여 낙곡수를 산정하였다. 산정된 알곡의 수를 근거로 하여 단위면적당 낙곡의 양을 산출하고, 잠재먹이량을 파악하여 환경수용력을 산출하였다.

III. 연구결과 및 고찰

1. 조류군집(2006-2007)

(1) 전체 조류상

2006년 10월부터 2007년 3월까지 12회의 조사에서 총 142종 최대개체수 합계 362,797개체, 평균개체수 합계 84,818개체가 조사되었다. 가장 많은 종을 기록한 시기는 10월 2차 조사였으며 76종 266, 573개체가 관찰되었다. 3월 2차 조사에서 72종의 종이 관찰 되었으나 개체수는 31,992개체로 적은 수가 관찰되었다. 11월 1차에서 3월 1차 조사까지 51종에서 59종이 큰 변화없이 도래하여 안정적인 월동양상을 보였다. 하지만, 개체수 차원에서는 초기 20만 개체 이상의 개체수가 급격히 감소하여 2월 2차까지 지속적으로 감소하는 양상을 보였다(그림 2).

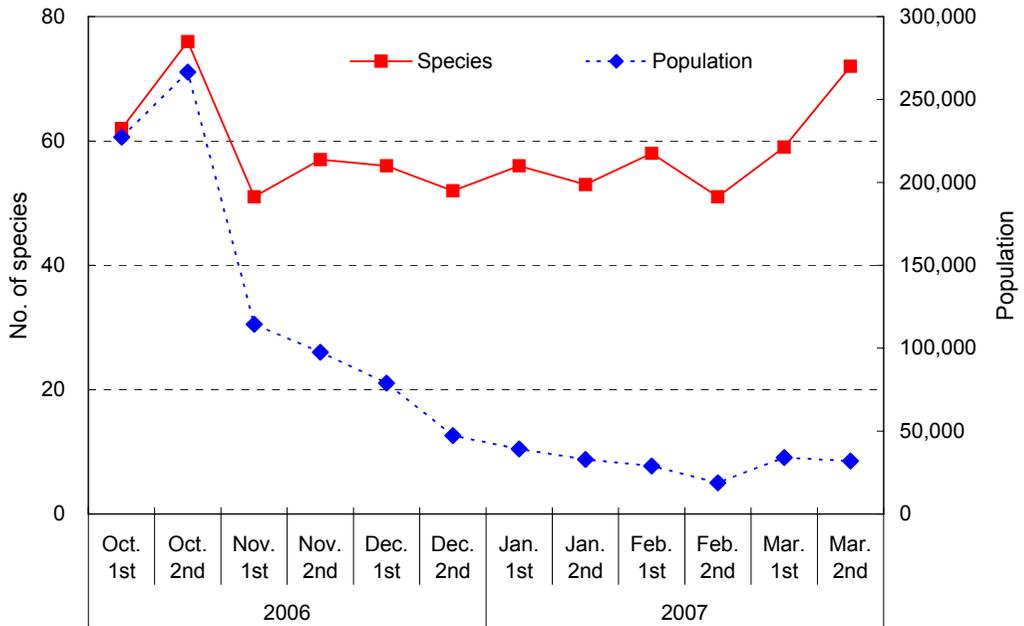


Fig. 2. Seasonal change of the number of species and population.

(2) 우점종의 도래양상

가장 우점한 종은 큰기러기 *Anser fabalis* 가 최대개체수 149,196개체 평균개체수 $37,774.9 \pm 14,762.7$ (mean \pm standard error) 우점도는 44.5%였다(부록참조). 차우점 종은 가창오리 *Anas formosa* 가 최대개체수 115,000개체 평균개체수 $15,849.6 \pm 12,593.9$ 18.7%, 쇠기러기 *Anser albifrons* 가 26,566개체 평균개체수 $10,041.2 \pm 2,289.5$ 11.8%, 청둥오리 *Anas platyrhynchos* 최대개체수 24,526개체 평균개체수 $8,880.1 \pm 2,341.1$ 10.5%, 흰뺨검둥오리 *Anas poecylorhyncha* 가 최대개체수 9,588개체 평균개체수 $4,083.2 \pm 799.4$ 4.8%, 고팡오리 *Anas acuta* 가 17,050개체 $2,975.5 \pm 1,850.3$ 3.5% 순으로 우점하였다. 5개 우점종 중 가창오리와 고팡오리는 월동 초기 대규모의 개체군이 도래하였으나 11월 2차까지 급격한 감소를 보이며 12월 이후는 관찰되지 않다가 3월경 소수가 관찰되는 도래양상을 보였다(그림 3). 조사시기에 따른 고팡오리, 청둥오리, 가창오리와 큰기러기의 개체군은 유의하게 음의 상관관계를 가졌다(큰기러기: $r_p = -0.81$, $p < 0.01$, 가창오리: $r_p = -0.62$, $p < 0.05$, 청둥오리: $r_p = -0.60$, $p < 0.05$, 고팡오리: $r_p = -0.68$, $p < 0.05$, Table 1). 큰기러기와 청둥오리, 쇠기러기, 흰뺨검

둥오리는 월동초기 대규모 개체군이 도래하였으나 지속적으로 감소하는 양상을 보였다. 가창오리와 고방오리는 월동 초기에 도래하여 월동중기에는 관찰되지 않다가 월동 후기에 소수가 관찰되는 종이였다. 중간 개체수의 상호관계는 큰기러기와 가창오리, 큰기러기와 고방오리, 청둥오리와 고방오리의 개체수에서 유의한 양의 상관관계를 가졌다(큰기러기-고방오리: $r_p=0.70$, $p<0.001$, 큰기러기-고방오리: $r_p=0.89$, $p<0.01$, 고방오리-청둥오리: $r_p=0.66$, $p<0.05$).

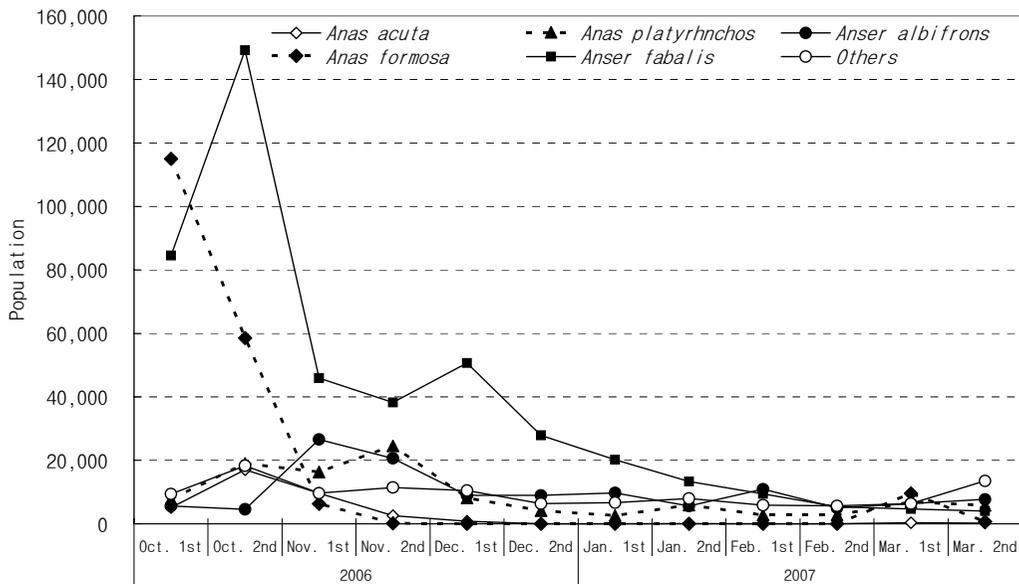


Fig. 3. Population fluctuation of the dominant species.

Table 1. Pearson's correlation between season and wintering populations (n=12)

	<i>Anser. fabalis</i>	<i>A. formosa</i>	<i>Anser albifrons.</i>	<i>A. platyrhynchos</i>	<i>Anas acuta</i>
Month	-0.81**	-0.62*	-0.32	-0.60*	-0.68**
<i>Anser. fabalis</i>		0.70*	-0.07	0.57	0.89***
<i>A. formosa</i>			-0.29	0.17	0.52
<i>Anser albifrons.</i>				0.56	0.07
<i>A. platyrhynchos</i>					0.66*

note A. means the word genus name of Anas

Month : Survey order

Pearson correlation r : * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$

(3) 보호종의 도래현황

보호를 요하는 멸종위기 종 및 천연기념물은 총 26종 최대개체수 합계 265,160개체가 관찰되었다. 멸종위기 I급 종은 노랑부리저어새 *Platalea leucorodia*, 저어새 *Platalea minor*, 황새 *Ciconia boyciana*, 매 *Falco peregrinus*, 흰꼬리수리 *Haliaeetus albicilla* 5종이 관찰되었다. 멸종위기 II급 종은 큰기러기를 포함하여 21종이 관찰되었다. 천연기념물은 멸종위기 I, II급 종과 중복되었으며, 16종이 이에 해당되었다. 지역별로 간월호는 20종 227,185개체, 부남호는 19종 37,975개체가 관찰되어 간월호의 멸종위기종 서식 개체수가 부남호에 비하여 많았다.

2. 지역별 월동군집의 변화

(1) 지역별 종과 월동군집 개체수의 변화

간월호의 종수는 부남호의 종수와 큰 차이가 없었으며($F=0.428$, $t=1.712$, $df=22$, $p=0.101$) 두 지역의 개체수 또한 차이가 없었다($F=3.056$, $t=1.190$, $df=22$, $p=0.247$). 간월호와 부남호의 종수는 서로 상관관계가 없었지만($r=0.53$, $p=0.077$), 간월호와 부남호의 월동군집 개체수는 서로 상관관계가 있었다($r=0.59$, $p<0.05$, Fig. 4, Table 3).

(2) 지역별 종수, 개체수, 종다양도와와의 관계

간월호와 부남호 천수만 전체 지역의 종다양도는 월동 후기로 갈수록 증가하는 경향을 보였다(Month-DG: $r_p=0.91$, $p<0.001$, Month-DB: $r_p=0.60$, $p<0.05$, Month-DC: $r_p=0.88$, $p<0.001$, Table. 3). 종다양도는 종의 수 보다는 개체수와 밀접한 관계를 보였다(DC-SG·SB·SC: n.s, DC-PG: $r_p=-0.67$, $p<0.05$, DC-PC: $r_p=-0.66$, $p<0.05$, Table 3). 간월호의 종다양도는 부남호, 천수만의 종다양도, 간월호, 부남호, 천수만의 개체수와 상관관계를 보였다(DG-DB: $r_p=0.578$, $p<0.05$, DG-DC: $r_p=0.93$, $p<0.001$, DG-PG: $r_p=-0.79$, $p<0.01$. DG-PB: $r_p=-0.66$, $p<0.05$, DG-PC: $r_p=-0.83$, $p<0.001$). 부남호의 종수는 천수만의 종수와 간월호, 부남호, 천수만의 개체수와 상관이 있는 것으로 나타났다(SB-SC: $r_p=0.85$, $p<0.001$, SB-PG: $r_p=0.62$, $p<0.005$ PB: $r_p=0.61$, $p<0.05$, PC: $r_p=0.68$, $p<0.05$).

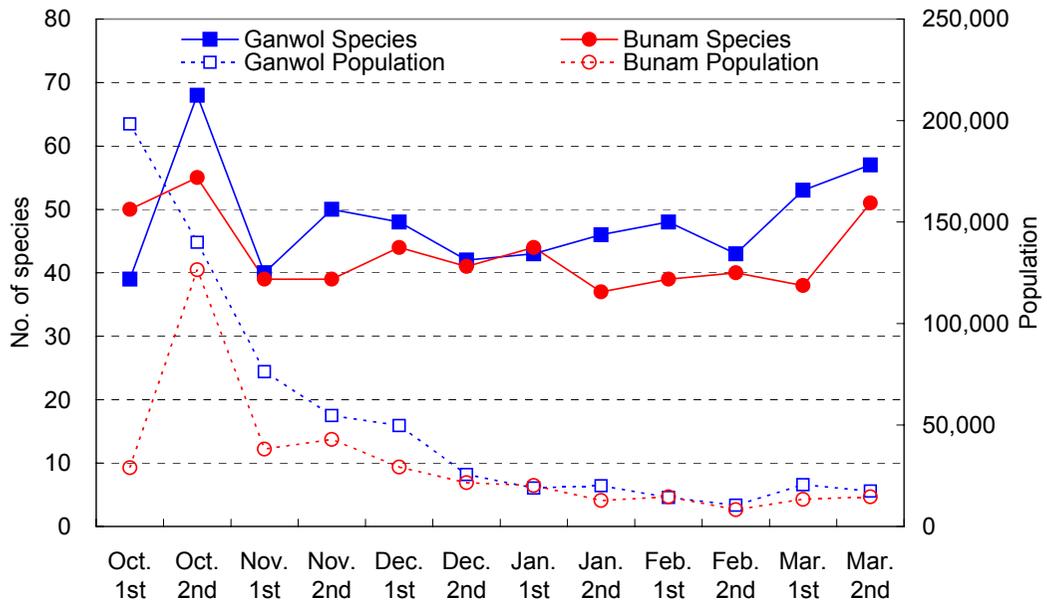


Fig. 4. Change of the no. of species and population on the Ganwol and Bunam Lake from Oct. 2006 to Mar. 2007.

Table 2. Pearson's correlation among month, species diversity index, no. of species and population in each and total area (n=12)

	DG	DB	DC	SG	SB	SC	PG	PB	PC
Month	0.9091***	0.6013*	0.8840***	0.1057	-0.3278	-0.0679	-0.8217***	-0.6225*	-0.8331***
DG	-	0.5778*	0.9279***	-0.0182	-0.4111	-0.1771	-0.7919**	-0.6649*	-0.8283***
DB	0.5778*	-	0.7789**	0.1308	-0.0294	0.1960	-0.1997	-0.3192	-0.2681
DC	0.9279***	0.7789**	-	0.1749	-0.2726	0.0121	-0.6692*	-0.4699	-0.6640*
SG	-0.0182	0.1308	0.1749	-	0.5292	0.8295***	0.0715	0.6642*	0.3109
SB	-0.4111	-0.0294	-0.2726	0.5292	-	0.8543***	0.6151*	0.6103*	0.6801*
SC	-0.1771	0.1960	0.0121	0.8295***	0.8543***	-	0.4170	0.6184*	0.5410
PG	-0.7919**	-0.1997	-0.6692*	0.0715	0.6151*	0.4170	-	0.5917*	0.9490***
PB	-0.6649*	-0.3192	-0.4699	0.6642*	0.6103*	0.6184*	0.5917*	-	0.8156**
PC	-0.8283***	-0.2681	-0.6640*	0.3109	0.6801*	0.5410	0.9490***	0.8156**	-

Month : Series of continued survey, D: diversity index, S: no. of species, P: no. of individuals, G: Ganwol Lake, B: Bunam Lake, C: Cheonsu Bay

3. 먹이량과의 관계

(1) 농경지 내 낙곡량

낙곡의 1개당 평균무게는 0.026g(S·D=0.0004, n=3,000) 이었으며, 대형기계와 소형기계를 사용하여 추수를 하는 각 농경지에서 조사한 최초 낙곡량은 20×20cm 당 평균 24.25개였다(S·E=6.5, n=40, Table 4). 대형기계를 이용하는 추수방법은 평균 낙곡량이 37.4개(S·E=8.0, n=20)였으며, 소형기계를 이용하는 추수방법은 평균 낙곡량이 11.1개(S·E=2.3, n=20)으로 유의한 차이가 있었다(F=21.342, t=-3.148, df=22.065, p=0.005).

10월 말, 12월 말과 2월 말에 조사한 방형구별 낙곡량은 10월에 가장 많은 낙곡수를 보였으며, 10월과는 달리 12월에 급격하게 감소하여 2월까지 비슷한 수를 유지 하였다(F=102.427, df=2, p<0.001, Fig. 5).

Table 3. Differences of the average rice grains by harvesting machine management type after harvesting (20×20cm)

		Average	S-E	n	t
Harvesting machine	SHM [#]	11.1	2.3	20	-3.148***
	BHM ^{\$}	37.4	8.0	20	
Management type after harvesting	Cleared	28.2	3.0	180	-4.71***
	Remained	75.1	9.6	140	

note [#]: small harvesting machine, ^{\$}: big harvesting machine
Unpaired t-test : ***p<0.001

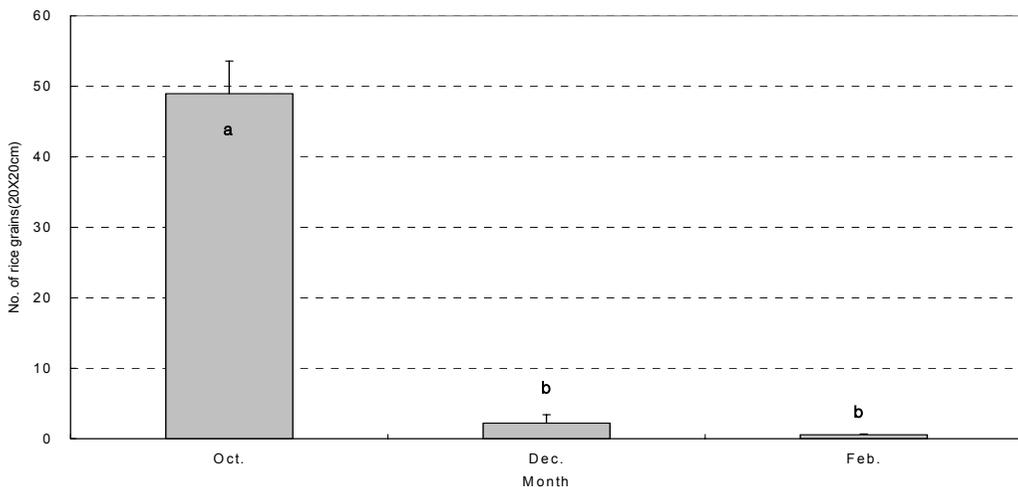


Fig. 5. Difference of the Average rice grains from Oct. 2006 to Feb. 2007. Different alphabets indicate significant difference between no. of rice grains based on Turkey's multiple comparison test (p<0.001). Vertical bars indicate the standard error.

(2) 잔존 먹이량과 서식 개체수와의 관계

잔존먹이량의 시기에 따른 감소는 서식조류의 감소와 연관이 있는 것으로 보여진다(Fig. 6). 11월에서 12월까지의 잔존 먹이량이 1~3월의 잔존 먹이량과 큰 차이가 없었던 것은 본 조사에서의 먹이량 조사지역이 저수지 인근에 존재하기 때문에 일찍 잔존 먹이가 고갈되기 때문인 것으로 사료된다. 낙곡을 먹이로하는 기러기류는 월동초기 저수지 인근지역에서 대규모 무리를 짓지만, 월동후기로 갈수록 저수지에서 먼지역의 농경지로 작은 규모의 무리를 짓는 경향이 있었다(유승화 등 미발표).

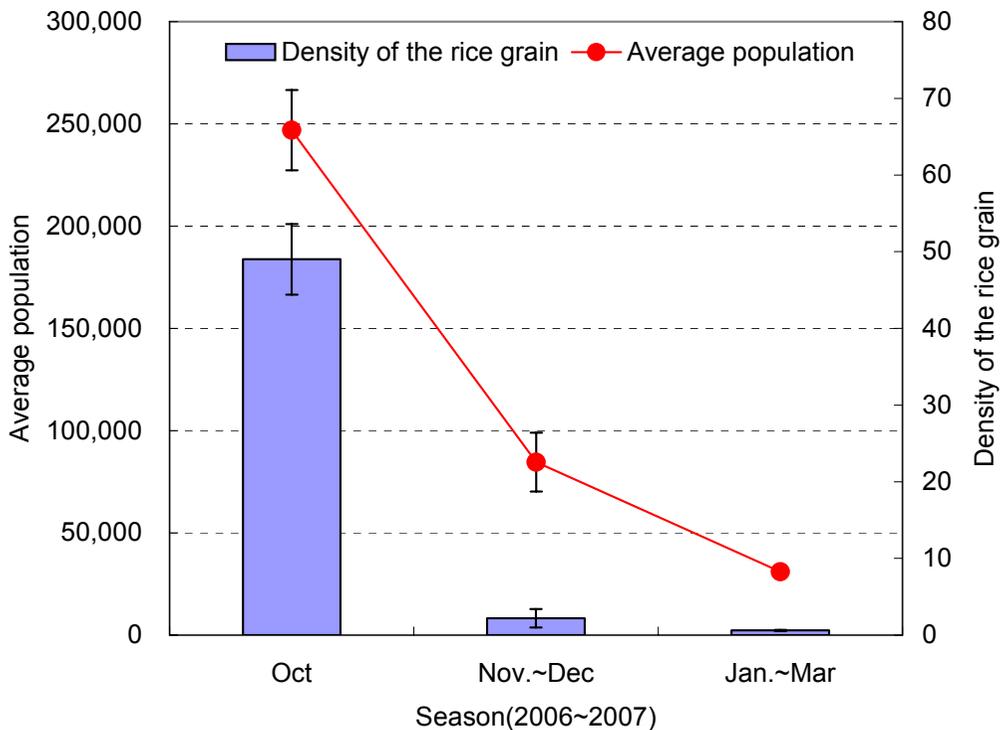


Fig. 6. Correlation between density of the rice grain and average population.